

ALIGNER AND ALIGNMENT METHOD

Publication number: JP2003324057

Publication date: 2003-11-14

Inventor: MIZUNO SHINICHI; HANE HIROKI; KOIKE KAORU

Applicant: SONY CORP

Classification:

- international: G01B11/00; G03F7/20; G03F9/00; H01L21/027;
G01B11/00; G03F7/20; G03F9/00; H01L21/02; (IPC1-
7): H01L21/027; G01B11/00; G03F7/20; G03F9/00

- european: G03F9/00T14

Application number: JP20020129508 20020501

Priority number(s): JP20020129508 20020501

Also published as:

WO03094212 (A1)

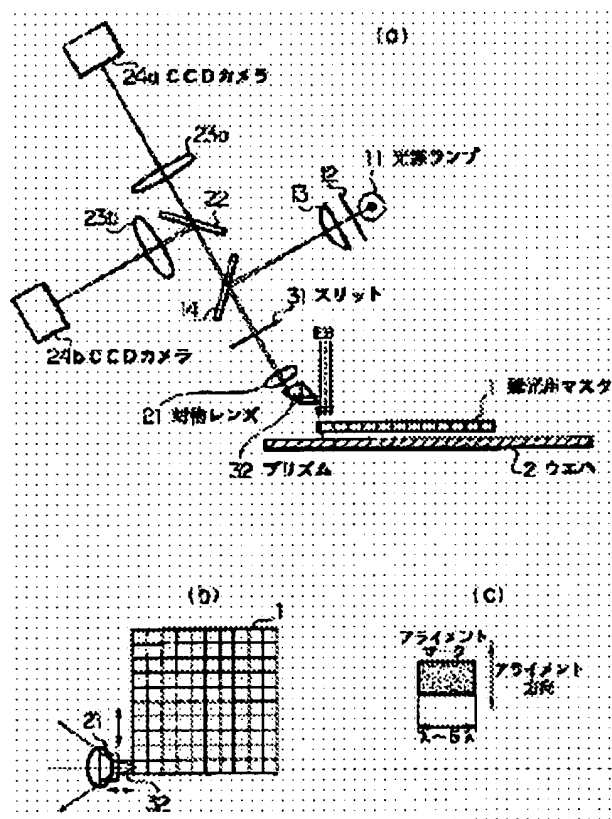
Report a data error here

Abstract of JP2003324057

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve precision of alignment by detecting positions of alignment marks without an interference with an exposure EB even if an optical axis is largely inclined.

SOLUTION: An aligner is provided with an optical system which optically detects the alignment marks arranged in an exposure mask 1 and a wafer 2 being a body to be exposed. The exposure mask 1 and the wafer 2 are relatively positioned based on a detected result by the optical system. A slit 31 where a light flux of an optical path is converged and an optical axis conversion means 32 bending an optical axis direction of the optical path are located on the optical path of the optical system. The positions of the alignment marks can be detected while the interference with the exposure EB is avoided even if an incident angle with respect to the alignment mark is not largely inclined by giving bending by the optical axis conversion means 32.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-324057

(P2003-324057A)

(43) 公開日 平成15年11月14日 (2003.11.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	サーチ* (参考)
H 0 1 L 21/027		C 0 1 B 11/00	C 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/00		C 0 3 F 7/20	5 0 4 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 4	9/00	H 5 F 0 4 6
9/00		H 0 1 L 21/30	5 4 1 K 5 F 0 5 6
			5 3 1 J
審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 11 頁)			

(21) 出願番号 特願2002-129508 (P2002-129508)

(22) 出願日 平成14年5月1日 (2002.5.1)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 水野 真一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 羽根 博樹

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 100086298

弁理士 船橋 國則

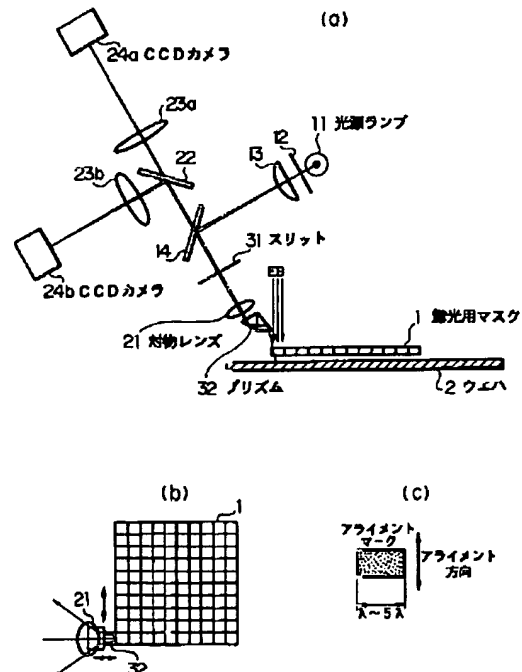
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アライメント装置およびアライメント方法

(57) 【要約】

【課題】 光軸を大きく傾斜させなくても、露光E B等と干渉することなく、アライメントマークの位置を検出し得るようにして、アライメントの高精度化を実現する。

【解決手段】 露光用マスク1および被露光体であるウエハ2の各々に配されたアライメントマークを光学的に検出する光学系を備え、その光学系による検出結果を基に前記露光用マスク1と前記ウエハ2との相対的な位置合わせを行うアライメント装置において、前記光学系の光路上に、当該光路の光束を絞るスリット31と、光路の光軸方向を曲げる光軸変換手段32とを設ける。そして、光軸変換手段32による曲げを介することで、アライメントマークに対する入射角を大きく傾斜させなくても、露光E B等との干渉を避けつつアライメントマークの位置を検出し得るようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光用マスクおよび被露光体であるウエハの各々に配されたアライメントマークを光学的に検出する光学系を備え、当該光学系による検出結果を基に前記露光用マスクと前記ウエハとの相対的な位置合わせを行うアライメント装置であって、前記光学系の光路上に、当該光路の光束を絞るスリットと、当該スリットを経た後の光路の光軸方向を曲げる光軸変換手段とを備えることを特徴とするアライメント装置。

【請求項2】 前記スリットは、矩形状の開口の長手方向が前記露光用マスクと前記ウエハとの位置合わせを行う際の相対的移動方向に沿うように配されていることを特徴とする請求項1記載のアライメント装置。

【請求項3】 前記スリットは、矩形状の開口が前記光学系における光軸中心から外れるように配されていることを特徴とする請求項1記載のアライメント装置。

【請求項4】 前記光学系は、レーザ光を照射する光源を備えていることを特徴とする請求項1記載のアライメント装置。

【請求項5】 前記アライメントマークは、前記光学系による照射光の波長を λ 、当該照射光のアライメントマークに対する照射角を θ とすると、その大きさ L が $L < \alpha \lambda / (2\theta)$ （ただし $\alpha \approx 4$ ）を満足するものであることを特徴とする請求項1記載のアライメント装置。

【請求項6】 前記光軸変換手段は、光軸方向を曲げる機能に加えて、その曲げ角を調整する偏向調整機能を備えていることを特徴とする請求項1記載のアライメント装置。

【請求項7】 前記光軸変換手段は、光軸方向を曲げる機能に加えて、その光軸の焦点位置を調整するフォーカス調整機能を備えていることを特徴とする請求項1記載のアライメント装置。

【請求項8】 前記光軸変換手段は、光軸方向を曲げる機能に加えて、その曲げ角を調整する偏向調整機能と、その光軸の焦点位置を調整するフォーカス調整機能とを備えていることを特徴とする請求項1記載のアライメント装置。

【請求項9】 露光用マスクおよび被露光体であるウエハの各々に配されたアライメントマークを光学的に検出する光学系を用い、当該光学系による検出結果を基に前記露光用マスクと前記ウエハとの相対的な位置合わせを行うアライメント方法であって、前記光学系の光路上に設けたスリットにより当該光路の光束を絞り、前記スリットにより光束が絞られた後の光路の光軸方向を曲げ、曲げた後の光路を前記ウエハに到達させて前記アライメントマークを検出することを特徴とするアライメント方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造プロセスにおけるリソグラフィ工程にて露光用マスクと被露光体であるウエハとの相対的な位置合わせを行うためのアライメント装置およびアライメント方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、リソグラフィ工程にて使用される電子線（Electron Beam；EB）密着露光装置やX線露光装置においては、露光用マスクとウエハの相対位置をリアルタイムに検出して位置合わせするアライメント装置が用いられる。これは、露光中でも露光用マスクとウエハの相対的位置ずれが生じる可能性があるため、リアルタイムにアライメント（位置合わせ）を行うことを要するからである。特に、EB密着露光装置では、真空中で露光を行うため、熱歪による位置ドリフトや装置の振動による位置揺らぎ等が生じ、上述した相対的位置ずれが生じる可能性が高くなるからである。位置ドリフトや位置揺らぎ等が生じる理由としては、以下に述べる①～④が挙げられる。

①真空中に減圧するため断熱膨張により装置の温度が低下する。

②真空中で露光するため高精度なエアースライドを使用できない。

③光リソグラフィではスーパーインバー等の低膨張合金を使用して装置の熱膨張歪を小さく押さえることが可能であるが、電子線の方向を安定に保つために、磁性体である低膨張合金を使用できない。

④真空中では空気による熱伝達がないために温度を安定に保つことが容易ではない。

【0003】ところで、アライメント装置では、ウエハ上のレジストを感光させないような長波長光を用いてアライメントを行うことが望ましい。長波長光を用いたアライメント光学系としては、大別すると、（1）露光用マスクおよびウエハに書き込まれたアライメントマークを結像し画像処理を行ってマーク位置を検出する、いわゆる結像方式と、（2）マスクおよびウエハに書き込まれたグレーティングによる回折波の位相をレーザ干渉計で検出する、いわゆる干渉方式とがある。ただし、いずれの方式であっても、アライメント光学系が露光EBや露光X線、あるいはマスクステージ等の機構部品と干渉するのを避けるために、そのアライメント光学系の光学部品の配置には制約が生じてしまう。

【0004】特に、ウエハ上に数10 μ m程度の間隔でマスクを置き、低エネルギーのEBをマスクに照射して露光する技術であるLEEP（Low energy electron beam proximity projection lithography）を結像方式に適用する場合には、開口数NAの大きな対物レンズで、その光軸をマスクおよびウエハに対して垂直に近くし

て、アライメントマークを結像するのが望ましいが、露光装置のスペース的な制約のために光軸を 40° 程度まで傾斜させなければならず、NAも0.35程度に制限されてしまう。また、照明光学系も、そのスペース的な制約のために、明視野照明あるいはアライメントマークが明るく観察される方向からの暗視野照明となるような適当な方向から照明することが困難である。このため、例えば特許第2955668号公報、特許第3048904号公報および特許第3235782号公報には、観察光学系から照明する落射照明を使用することが提案されている。

【0005】図8には、アライメント（位置合わせ）を行う際のアライメントマークと光学系との配置の一具体例を示す。図例のように、アライメントを行う際には、例えば 40° の入射角で落射照明を行い、アライメントマーク51を暗視野観察する。そして、露光用マスク上およびウエハ上のアライメントマーク51の位置をそれぞれ検出することで、入射面に対して垂直な方向のアライメントと露光用マスクおよびウエハの間隔のアライメントを行う。なお、ここで言う入射面とは、対物レンズ52の光軸とマスク・ウエハ法線とがつくる面のことである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来のアライメントでは、アライメント光学系が露光EBや露光X線等と干渉するのを避けるべく、アライメントマーク51への照明光の光軸を大きく傾斜させなければならないため、以下に述べるような問題が生じてしまうおそれがある。

【0007】例えば、 40° の入射角で落射照明を行うと、 80° の大きな角度で側方に散乱された光でアライメントマーク51を暗視野観察しなければならないので、その結果得られる像強度が小さいものになってしまう。通常、アライメントマーク51は矩形であり、入射面に対して垂直な第1エッジ51aと平行な第2エッジ51bからなる。アライメントマーク51が波長よりも十分に小さいならば、第1エッジ51aからの回折光も第2エッジ51bからの回折光も等方的に拡がる。ところが、波長と同程度以上の大きさであると、光軸に垂直な第1エッジ51aによる回折光は入射面内で略等方的に拡がるが、入射面に平行な第2エッジ51bによる回折光は対物レンズ52と反対側の正反射方向に指向性をもつ分布となる。このため、対物レンズ52に入射する散乱光の光量は第1エッジ51aによる回折光の方が第2エッジ51bによる回折光よりも大きくなり、第1エッジ51aの像強度が第2エッジ51bの像強度よりも強くなる。したがって、第1エッジ51aの像強度分布はマークコーナーの形状歪によって変化し易いことから、マーク像の強度分布もマークコーナーの形状歪によって変化し易くなってしまい、結果として検出誤差が大

きくなるおそれがある。

【0008】これに対して、例えば上記の各特許公報には、第1エッジ51aを多数配置し、これらを平均化することが開示されている。これは、第1エッジ51aの位置を長さ方向に平均化することでマーク位置を高精度に検出し得るようにするためである。ところが、第1エッジ51aの多数配置は、アライメントマーク51の複雑化や大型化等を招いてしまい、平均化等により処理負荷も増大するため、好ましくない。

【0009】また、例えばLEEP Lに干渉方式を適用する場合には、収束角が 0.1rad 以下の細いレーザ光束でも検出できるので、アライメント光学系が小さくなり、露光装置の部品や露光EBと干渉することが少なくなる。そのため、結像方式の場合に比べて入射角を小さくすることができ、検出される光量を大きくすることが可能であると考えられる。ところが、グレーティングにフォーカスする機構がないので、マスクとウエハとの間隔についてはアライメントできないおそれがある。入射面に垂直な方向は、グレーティング周期の整数倍分だけ位置が不確定となるので本アライメント装置とは別な粗調用アライメント装置が必要であるが、グレーティングによる回折光の位相を干渉計で検出することによって高精度にアライメントできる。また、ウエハ上にレジスト等が堆積したときに、グレーティングの形状によっては回折光が小さくなる場合があり、その場合には回折光の位相を検出できなくなるおそれがある。この点については、複数の波長の異なるレーザを使用するか、あるいは波長可変レーザを使用することで解決することも考えられるが、アライメント光学系の構造が複雑化し、高価なものになってしまうため、好適であるとは言えない。

【0010】さらに、通常、LEEP Lのマスクは、強度を補強するために格子状の梁を備えており、その梁によってマスクがセルに分割されている。そのため、光軸を大きく傾斜させると、梁によって光束が遮られてしまうため、アライメントマーク51を配置できる領域も、その梁の影響を受けない領域に限定されてしまう。具体的には、例えば図9に示すように、光軸が傾いているので、その光軸に垂直な梁53aの存在によって、対物レンズ52と対向する梁53bの近傍に書き込み領域が制限され、さらに光軸に平行な梁53cによって、各セルの中央付近に書き込み領域が制限されてしまう。

【0011】そこで、本発明は、光軸を大きく傾斜させなくても、露光EBや露光X線等と干渉することなく、アライメントマークの位置を検出し得るようにすることで、そのマーク位置を高精度に検出することができ、結果としてアライメントの高精度化を実現することのできるアライメント装置およびアライメント方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達

成するために案出されたもので、露光用マスクおよび被露光体であるウエハの各々に配されたアライメントマークを光学的に検出する光学系を備え、当該光学系による検出結果を基に前記露光用マスクと前記ウエハとの相対的な位置合わせを行うアライメント装置であって、前記光学系の光路上に、当該光路の光束を絞るスリットと、当該スリットを経た後の光路の光軸方向を曲げる光軸変換手段とを備えることを特徴とするものである。

【0013】また、本発明は、上記目的を達成するために案出された方法で、露光用マスクおよび被露光体であるウエハの各々に配されたアライメントマークを光学的に検出する光学系を用い、当該光学系による検出結果を基に前記露光用マスクと前記ウエハとの相対的な位置合わせを行うアライメント方法であって、前記光学系の光路上に設けたスリットにより当該光路の光束を絞り、前記スリットにより光束が絞られた後の光路の光軸方向を曲げ、曲げた後の光路を前記ウエハに到達させて前記アライメントマークを検出することを特徴とする。

【0014】上記構成のアライメント装置および上記手順のアライメント方法によれば、例えば光学系がNA=0.35程度の対物レンズを用いている場合にはその光束径を考慮するとミラーやプリズム等のみで光軸を曲げることは困難であるが、その場合であっても光学系の光路上のスリットが当該光路の光束を絞っているため、その光束が絞られた後の光路の光軸方向をミラーやプリズム等といった光軸変換手段を用いて容易に曲げることが可能となる。したがって、光軸の曲げを介することで、アライメントマークに対する入射角を大きく傾斜させなくても、露光EBや露光X線、あるいはマスクステージ等の機構部品等との干渉を避けつつ当該アライメントマークの位置を検出し得るようになる。しかも、スリットで光束を絞っているため、相対的な位置合わせを行うアライメント方向については、光学系の解像度を低下させてしまうことがないので、アライメント精度が低下してしまうこともない。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づき本発明に係るアライメント装置およびアライメント方法について説明する。ただし、以下に説明する実施形態は本発明を実現した一例に過ぎず、これに限定されるものでないことは言うまでもない。

【0016】〔第1の実施の形態〕ここでは、LEEPを結像方式に適用した場合を例に挙げて説明する。先ず、本実施形態におけるアライメント装置の概略構成について説明する。図1は、本発明に係るアライメント装置の第1の実施の形態における概略構成の一例を示す模式図である。

【0017】図1(a)に示すように、ここで説明するアライメント装置は、例えばリソグラフィ工程にて使用されるEB密着露光装置（ただし不図示）において、露

光用マスク1とウエハ2の相対位置をリアルタイムに検出して位置合わせするために用いられるものである。さらに詳しくは、露光用マスク1およびウエハ2に書き込まれたアライメントマークを結像し画像処理を行ってマーク位置を検出し、その検出結果を基に露光用マスク1とウエハ2のいずれか一方または両方を入射面に対して垂直な方向（図8参照）に移動させてこれらの位置合わせを行うものである。

【0018】なお、図1(b)に示すように、1つのアライメント装置では、入射面に対して垂直な方向についてアライメントを行う。このことから、EB密着露光装置には、複数（例えば4方向分）のアライメント装置が搭載されており、これらにより露光用マスク1とウエハ2との間のX-Y方向、回転方向、倍率等についての位置合わせを行い得るように構成されているものとする。

【0019】このようなアライメントを行うために、各アライメント装置は、図1(a)に示すように、露光用マスク1およびウエハ2上の各々に配されたアライメントマークを光学的に検出するための光学系として、光源11と、視野絞り部12と、コンデンサーレンズ13と、ビームスプリッタ14と、対物レンズ21と、ビームスプリッタ22と、結像レンズ23a、23bと、CCD(Charge Coupled Device)カメラ24a、24bと、スリット31と、プリズム32と、を備えている。なお、光学系以外の部分、例えばアライメントマークの検出結果を処理する画像処理系や、露光用マスク1とウエハ2のいずれか一方または両方を移動させる調整ステージについては、従来のものと略同様であるため、ここでは図中での図示およびその詳細な説明を省略する。

【0020】光源11、視野絞り部12、コンデンサーレンズ13およびビームスプリッタ14からなる照明光学系も、従来のものと略同様である。このうち、光源11としては、白色のキセノンランプ、アルカリハライドランプ等を使用したケラー照明を用いることが考えられる。ただし、露光装置が真空中でEB露光を行うものであることから、光源11は、真空容器の外側に配設し、例えばファイバーバンドルからなるライトガイドで照射光を当該真空容器内に導くように構成することが望ましい。

【0021】また、対物レンズ21、ビームスプリッタ22、結像レンズ23a、23bおよびCCDカメラ24a、24bからなる観察光学系も、従来のものと略同様である。なお、結像レンズ23a、23bおよびCCDカメラ24a、24bをそれぞれ2つ備えているのは、以下に述べる理由による。アライメントマークに対する光学系の光軸の傾斜が小さい場合には、露光用マスク1上のアライメントマーク（以下「マスクマーク」という）とウエハ2上のアライメントマーク（以下「ウエハマーク」という）と位置が像面上で離れてしまうの

で、両マークを1つのCCDカメラで同時に検出しようとする、アライメントのために広い面積が必要になってしまう。そこで、狭い面積でマスクマークとウエハマークを同時に検出するために、ビームスプリッタ22で2つの光路に分離するとともに、結像レンズ23a、23bおよびCCDカメラ24a、24bを2種類用意し、マスクマークとウエハマークを別々に検出するのである。したがって、結像レンズ23a、23bおよびCCDカメラ24a、24bは、必ずしも2つ必要であるというわけではない。

【0022】ところで、本実施形態で説明するアライメント装置は、光学系がスリット31およびプリズム32を備えている点に大きな特徴がある。

【0023】スリット31は、ビームスプリッタ14と対物レンズ21との間に配されたもので、照明光学系からの照射光を透過させる矩形の開口を有しており、その開口によって照明光学系からの光路の光束径を絞るものである。ただし、スリット31は、矩形の開口の長手方向が、露光用マスク1とウエハ2との位置合わせを行う際の相対的移動方向、すなわち照明光学系の入射面に対して垂直な方向に沿うように配されている。

【0024】プリズム32は、対物レンズ21と露光用マスク1との間に配されたもので、スリット31を経た後の光路に対する偏向によって、その光路の光軸方向を曲げるものである。すなわち、プリズム32は、光路の光軸方向を曲げる光軸変換手段として機能するものである。ただし、光軸変換手段として機能するものであれば、必ずしもプリズム32である必要はなく、例えば図2に示すように、複数のミラー33a、33bを用いても構わない。

【0025】また、これらのプリズム32またはミラー33a、33bは、露光用マスク1の近傍に配されているが、その露光用マスク1に対するEB露光（場合によってはX線露光）を妨害しないように、露光用マスク1の直上を避けるように配されている。

【0026】以上のような構成の光学系を用いて検出するマスクマークおよびウエハマークは、露光装置上における各アライメント装置に個別に対応するように露光用マスク1上およびウエハ2上に事前に配されているものであるが、例えば図1(c)または図2(c)に示すように、少なくともアライメント方向と直交する方向の大きさ λ が $\lambda \sim 5\lambda$ （ λ は照射光の波長）程度であることが好ましい。さらに詳しくは、照射光の波長が λ 、その照射光の照射角が θ である場合に、大きさ λ が、 $\lambda < \alpha \lambda / (2\theta)$ （ただし $\alpha \approx 4$ ）を満足するものであることが望ましい。かかる大きさであれば、対物レンズ21に光が戻りやすくなり、検出時における光の指向性の影響を極力排除することができるからであり、また配置に特別大きなスペースを要してしまうこともないからである。

【0027】次に、以上のようなアライメント装置を用いて行うアライメントの手順、すなわち本実施形態におけるアライメント方法について説明する。

【0028】本実施形態におけるアライメント装置では、上述したように、光学系の光路上にスリット31とプリズム32またはミラー33a、33bとが設けられていることから、アライメントを行う際には、先ずそのスリット31で光束径を絞り、続いてプリズム32またはミラー33a、33bで光束を曲げ、曲げた後の光束を露光用マスク1およびウエハ2に到達させる。そして、マスクマークおよびウエハマークを顕微鏡を介してCCDカメラ24a、24bに結像し、その位置を画像処理によって求め、露光用マスク1とウエハ2との間のずれ量を検出する。

【0029】このとき、例えば対物レンズ21が $NA=0.35$ 程度であると、その対物レンズ21と露光用マスク1との間に単にプリズム32またはミラー33a、33bを置くだけで光軸を曲げることは、光束径を考慮すると困難である。ところが、本実施形態では、顕微鏡の対物レンズ21の瞳上にスリット31を置いて入射面に垂直な方向の光束径を縮小しているため、プリズム32またはミラー33a、33bで容易に光軸の方向を曲げることができる。

【0030】したがって、光軸方向を曲げることで、マスクマークおよびウエハマークに対する光軸の傾斜角を小さくすることが可能となる。すなわち、光軸方向を曲げることで、プリズム32またはミラー33a、33bがEB露光等を妨害しないようにしつつ、マスクマークおよびウエハマークに対する光軸を垂直に近づけられるようになる。そして、マスクマークおよびウエハマークに対する光軸が垂直に近づくと、それに伴って、そのマスクマークおよびウエハマークにおける第2エッジ51b（図8参照）、すなわち入射面に対して平行なエッジからの回折光の強度も強くなる。

【0031】図3は、点像強度分布の一具体例を示す説明図である。図例において、(a)はスリット31がない場合の円形瞳、(b)はスリット31がある場合の矩形瞳を示している。ここで、スリット31がある場合には、そのスリット31が瞳径よりも十分に狭いとして瞳形状を矩形で近似した。また、図4には、エッジの像強度分布の一具体例を示す。図例においても、(a)は円形瞳、(b)は矩形瞳を示している。なお、エッジの長さは $1\mu m$ 、顕微鏡の対物レンズは $NA=0.35$ 、倍率100倍の場合を示している。

【0032】以上のように、本実施形態で説明したアライメント装置およびアライメント方法によれば、光路上にスリット31を置くことで、マスクマークおよびウエハマークに対する光軸を垂直に近づけ得るので、そのマスクマークおよびウエハマークの像強度が増大し、結果としてマスクマークおよびウエハマークの位置検出精度

が向上することになる。特に、第2エッジ51bのアライメント方向の位置はその長さ方向に平均することによって求まるので、この平均化によって位置検出精度の向上が図れるようになる。

【0033】しかも、このときの検出結果の解像力は、スリット31における矩形の開口の長手方向が入射面に対して垂直な方向に沿うように配されていることから、入射面方向には光束径を縮小することで低下しても、入射面に対して垂直な方向、すなわちアライメント方向については低下することがない。したがって、スリット31によって光軸方向の曲げを可能にしても、そのスリット31によってアライメント精度が低下してしまうことはない。

【0034】また、スリット31で光束を絞るとともに、マスクマークおよびウエハマークに対する光軸が垂直に近づくので、LEELのマスクのように露光用マスク1が梁を備えていても、その梁で光束が遮られることが少なくなり、広い領域を観察できるようになる。そのため、マスクマークおよびウエハマークを書き込み可能な位置を広く確保し得るようになる。その上、梁で光束が遮られることが少なくなるので、NAの大きな対物レンズ21をも使用できるようになり、これに伴って解像力が向上することも期待できる。

【0035】〔第2の実施の形態〕次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。ただし、ここでは、第1の実施の形態との相違点についてのみ説明する。図5は、本発明に係るアライメント装置の第2の実施の形態における概略構成の一例を示す模式図である。

【0036】ここで説明するアライメント装置は、第1の実施の形態の場合とは異なり、顕微鏡光軸が露光用マスク1およびウエハ2に対して垂直となっている。具体的には、図5に示すように、アライメントマークを検出する光学系として、光源に繋がるライトガイド15と、コリメータレンズ16と、ビームスプリッタ17と、対物レンズ21と、結像レンズ23と、CCDカメラ24と、ピエゾステージ25と、スリット31と、ミラー33a、33bと、を備えている。

【0037】このように構成されたアライメント装置において、マスクマークとウエハマークの各々へのフォーカスは、対物レンズ21をピエゾステージ25で移動することによって行う。ただし、その場合であっても、光路上にスリット31を置くことで、光軸方向を曲げることを可能とし、これによりマスクマークおよびウエハマークの位置検出精度の向上を図れることは、第1の実施の形態の場合と同様である。なお、ピエゾステージ25の機能や光学系の主な構成自体については、従来のものと略同様であるため、ここではその詳細な説明を省略するものとする。

【0038】ところで、本実施形態で説明するアライメント装置は、スリット31の配置に大きな特徴がある。

【0039】図5に示したように、顕微鏡光軸が露光用マスク1およびウエハ2に対して垂直な場合には、マスクマークおよびウエハマークを明視野観察することになるので、例えばマスクマークまたはウエハマークの少なくとも一方が凹凸構造のものであると、その観察が非常に難しくなる。すなわち、凹凸構造のアライメントマークについては、光軸が傾斜している場合のような暗視野観察を行ったほうが、そのアライメントマークの検出が容易となる。

【0040】そこで、本実施形態のアライメント装置では、スリット31における矩形の開口が、光学系における顕微鏡光軸の中心から外れるように配されている。さらに具体的には、スリット31における矩形の開口が、対物レンズ21の瞳の片側半分のみ位置するように配されている。このとき、矩形の開口のエッジ部分が対物レンズ21の瞳の中心と一致させることが望ましい(図5参照)。

【0041】このようにスリット31を配することで、マスクマークおよびウエハマークを暗視野観察することが可能となる。すなわち、スリット31の開口を光学系の光軸の中心から外すことで、露光用マスク1およびウエハ2への入射角が略垂直になった場合でも、凹凸構造のアライメントマークを暗視野で観察することができ、したがって、凹凸構造のアライメントマークに対する入射角が略垂直の場合であっても、その像強度が増大して検出が容易となり、結果としてマスクマークおよびウエハマークの位置検出精度が向上することになる。つまり、暗視野観察の実現によって、アライメント精度が低下してしまうのを回避することができる。

【0042】〔第3の実施の形態〕次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。ただし、ここでも、上述した各実施形態との相違点についてのみ説明する。図6は、本発明に係るアライメント装置の第3の実施の形態における要部構成の一例を示す模式図である。

【0043】ここで説明するアライメント装置は、第1または第2の実施の形態の場合とは異なり、光源ランプとして半導体レーザ(Laser Diode; LD)等のコヒーレントなレーザ光源11を用いている点に大きな特徴がある。

【0044】一般に、光学系の光路上にスリット31を配すると、そのスリット31によって開口が狭められるため、像の明るさが低下する。この明るさの低下を回避するためには、高輝度な光源を使用する必要がある。ところが、白色ランプとしては、広く一般に使用されているキセノン(Xe)ランプ以上に高輝度なものがない。そこで、本実施形態のアライメント装置では、白色ランプよりも高輝度な光源として、レーザ光を照射する光源、例えば半導体レーザ等のコヒーレントな光源を使用するのである。

【0045】ただし、コヒーレントなレーザ光源11を

使用した場合には、スペックルノイズが誤差原因となるおそれがある。そのため、かかる場合には、以下に述べる①～⑥のうちのいずれか1つまたは複数を適宜組み合わせることで適用することによって、スペックルノイズを除去し、検出誤差が発生しないようにする必要がある。すなわち、①レーザ光を複数の光束に分割し、それらの各々に波連長以上の光路長差を与え、再び光束を重ねる。または②照明光学系中に置かれた拡散板を移動する。または③コヒーレント長の短いスーパーluminescentダイオード (Superluminescent Diode; SLD) を使用する。または④外部共振器型LDで発振スペクトル幅が10nm以上であるリットマン (Littman) レーザやリットロー (Littrow) レーザ (独Sacher Laser Technik GmbH社) 等を使用する。または⑤LDを使用し、駆動電源に高周波ホワイトノイズを重ねる。

【0046】また、コヒーレントなレーザ光源11を使用した場合に、空間的コヒーレンシーの高いレーザ光で照明すると、コヒーレント結像となるために解像力が低下することも考えられる。これを回避するためには、例えば図6に示すように、2枚のレンズアレイ18aを備えた光学系で、空間的コヒーレンシーを低下させてインコヒーレントに照明すればよい。具体的には、スペックルノイズを除去するために、両レンズアレイ18aをCCDカメラ24のフィールド周波数よりも十分に高い周波数で、振動ステージ18bを用いて振動させ、両振動ステージ18bによる振動が同期しないように位相差を $\pi/2$ 程度以上にするかあるいは異なる周波数にする。振動振幅は、 $(f_a/f_{obj}) (\lambda/NA_{obj})$ より十分に大きく、かつ、レンズアレイ18aの要素レンズ径よりも十分に小さくするものとする。ここで、 f_{obj} は対物レンズ21の焦点距離、 f_a はレンズアレイ18aを構成する要素レンズの焦点距離、 λ は波長、 NA_{obj} は対物レンズ21のNAである。

【0047】さらに、LD等のレーザ光源11の射出光を効率的にスリット31に透過させるためには、そのレーザ光源11の直後にシリンドリカルレンズ19を置き、光束を整形すればよい。

【0048】以上のように、光源ランプとしてレーザ光源11を用いた場合には、対物レンズ21の瞳上のスリット31によって開口が狭められても、像の明るさの低下を回避することができ、結果として像強度が増大してその検出が容易となる。つまり、マスクマークおよびウエハマークの位置検出精度を向上させて、アライメント精度が低下してしまうのを回避することができる。また、薄膜マスクに照射する光量を低下させることによって、薄膜マスクの温度上昇を防ぐことができ、結果としてマスクの熱膨張が小さくなるので、露光パターンの描画精度が向上する。

【0049】なお、照明光と結像光が透過する露光用マスク1は、表裏面での反射光の干渉のために透過率が波

長によって大きく変化する。また、ウエハ2上にコーティングされるレジスト等のために特定の波長でウエハマークの反射率が0に近くなり、ウエハマークの像強度が0に近くなる場合がある。これらの原因でウエハマークが観察できなくなるのを避けるために、レーザ光源11としては、複数種類の波長の異なるレーザ (LD) を用意し、ウエハマークの像強度が最大となる波長のレーザを選択して使用することが望ましい。

【0050】〔第4の実施の形態〕次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。ただし、ここでも、上述した各実施形態との相違点についてのみ説明する。

【0051】ここで説明するアライメント装置は、第3の実施の形態の場合に加えて、レーザ光源11として、波長可変が可能な色素レーザ、チタン・サファイアレーザ、アレクサンドライトレーザ等を用いている点に大きな特徴がある。このようにすれば、ウエハマークの像強度が最大となる波長のレーザを適宜選択することが非常に容易となる。

【0052】なお、本実施形態の場合において実現可能なインコヒーレント化の手段としては、例えば①波長の長さ以上に光路長差を与えた光束を重ねる、②拡散板を移動させる、あるいは第3の実施の形態の場合と同様に③照明光学系の (アレイ) レンズを振動させる、といったものが挙げられる。

【0053】〔第5の実施の形態〕次に、本発明の第5の実施の形態について説明する。ただし、ここでも、上述した各実施形態との相違点についてのみ説明する。

【0054】ここで説明するアライメント装置は、第1または第2の実施の形態で説明したミラー33a、33b (図2、図5参照) が、傾斜角可変が可能なMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) チルトミラーである点に大きな特徴がある。すなわち、ミラー33a、33bが、例えば静電気力で傾斜角を制御できる金属薄膜ミラーのように、光軸方向を曲げる機能に加えて、その曲げ角を調整する偏向調整機能を備えている。

【0055】このように、傾斜角可変が可能なミラー33a、33bを用いた場合には、そのミラー33a、33bの傾斜角を調整することで、露光用マスク1上およびウエハ2上における観察位置を任意に移動することができる。さらに詳しくは、傾斜角可変が1方向の場合には一次元的に、2方向の場合には二次元的に、それぞれ観察位置を移動できるようになる。また、2つのミラー33a、33bのいずれもが傾斜角可変が可能である場合には、それぞれが1方向にのみ傾斜角を調整するものであっても、互いの調整方向を直交させることで、観察位置を二次元的に移動できるようになる。したがって、ミラー33a、33bが偏向調整機能を備えていれば、マスクマークおよびウエハマークの配置の自由度が広がり、またこれらに対する観察の汎用性や柔軟性等も確保することができるため、マスクマークおよびウエハマー

クの位置検出精度を向上させる上で非常に好適なものとなる。

【0056】なお、ミラー33a、33bの偏向角が大きくデフォーカスが生じる場合には、第2の実施の形態で説明したように、実施例2のようにピエゾステージ25で対物レンズ21を移動してフォーカスすること（図5参照）、当該デフォーカスを解消すればよい。

【0057】〔第6の実施の形態〕次に、本発明の第6の実施の形態について説明する。ただし、ここでも、上述した各実施形態との相違点についてのみ説明する。

【0058】ここで説明するアライメント装置は、第1または第2の実施の形態で説明したミラー33a、33b（図2、図5参照）が、フォーカス調整が可能なMEMSデフォーマブルミラーである点に大きな特徴がある。すなわち、ミラー33a、33bが、例えば圧電シートからなるバイモルフにミラーがコーティング若しくは貼り付けられたものや、または静電気力で曲率が制御される金属薄膜ミラー等のように、光軸方向を曲げる機能に加えて、その光軸の焦点位置を調整するフォーカス調整機能を備えている。

【0059】このように、フォーカス調整が可能なミラー33a、33bを用いた場合には、そのフォーカス位置を調整することで、異なる位置に配されたマスクマークおよびウエハマークにも対応し得るようになる。さらに詳しくは、顕微鏡光軸が傾いていることから、フォーカス位置を変えることで観察位置を変えることができ、結果として露光用マスク1上およびウエハ2上における観察位置を任意に移動できるようになる。したがって、ミラー33a、33bがフォーカス調整機能を備えていれば、マスクマークおよびウエハマークの配置の自由度が広がり、またこれらに対する観察の汎用性や柔軟性等も確保することができるため、マスクマークおよびウエハマークの位置検出精度を向上させる上で非常に好適なものとなる。

【0060】なお、フォーカス調整機能を備えたMEMSデフォーマブルミラーは、光軸方向を曲げるためのミラー33a、33bとして設けてもよいが、これとは別に例えば対物レンズ21とCCDカメラ24a、24bとの間に置いても構わない。

【0061】〔第7の実施の形態〕次に、本発明の第7の実施の形態について説明する。ただし、ここでも、上述した各実施形態との相違点についてのみ説明する。

【0062】ここで説明するアライメント装置は、第1または第2の実施の形態で説明したミラー33a、33b（図2、図5参照）のうち、いずれか一方が第5の実施の形態で説明したMEMSチルトミラーであり、他方が第6の実施の形態で説明したデフォーマブルミラーである点に大きな特徴がある。すなわち、ミラー33a、33bが、光軸方向を曲げる機能に加えて、その曲げ角を調整する偏向調整機能と、その光軸の焦点位置を調整

するフォーカス調整機能とを備えている。

【0063】このように、チルトミラーとデフォーマブルミラーを組み合わせて用いた場合には、チルトミラーでの偏角が大きくなりデフォーカスが生じた場合であっても、デフォーマブルミラーでフォーカスを行うことで、これに適切に対応し得るようになる。すなわち、露光用マスク1上およびウエハ2上における観察位置を任意に移動させることが非常に容易となる。したがって、マスクマークおよびウエハマークの位置検出精度を向上させる上でより一層好適なものとなる。

【0064】〔第8の実施の形態〕次に、本発明の第8の実施の形態について説明する。ただし、ここでも、上述した各実施形態との相違点についてのみ説明する。図7は、本発明に係るアライメント装置の第8の実施の形態における概略構成の一例を示す模式図である。

【0065】ここで説明するアライメント装置は、図7に示すように、第1の実施の形態の場合に加えて、対物レンズ21の瞳の前にガルバノミラー34を置き、そのガルバノミラー34によってアライメントマークの検出位置を走査する点に大きな特徴がある。すなわち、ガルバノミラー34によって偏向調整機能を実現されるようになっている。この場合、リレーレンズ35a、35bによってガルバノミラー34と対物レンズ21の瞳とが共役になる。

【0066】このように、ガルバノミラー34を用いた場合であっても、そのガルバノミラー34によって走査を行うことで、露光用マスク1上およびウエハ2上における観察位置を任意に移動させることが可能となる。したがって、マスクマークおよびウエハマークの位置検出精度を向上させる上で非常に好適なものとなる。なお、ガルバノミラー34とリレーレンズ35a、35bとを2組配し、それぞれにおける走査方向を直交させた場合には、観察位置を二次元的に移動できるようになるので、位置検出精度向上を図る上でより一層好適となる。

【0067】なお、上述した第5～第8の実施の形態では、偏向調整機能、フォーカス調整機能の実現のために、MEMSチルトミラー、MEMSデフォーマブルミラー、ガルバノミラー等を用いた場合を例に挙げて説明したが、例えばミラーを揺動可能または移動可能なステージ上に配することで偏向調整機能やフォーカス調整機能を実現するといったように、他の周知技術を用いても構わないことは勿論である。また、偏向調整機能、フォーカス調整機能は、光軸変換手段をミラー33a、33bによって構成した場合だけではなく、プリズム32によって構成した場合にも適用可能であることは言うまでもない。さらには、光軸変換手段を複数のミラー33a、33bによって構成した場合には、必ずしもその全てが偏向調整機能やフォーカス調整機能を備える必要はなく、そのうちの少なくとも1つが偏向調整機能またはフォーカス調整機能を備えていれば、上述したような観

察位置の移動が可能となる。

【0068】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明に係るアライメント装置およびアライメント方法によれば、スリットが光学系の光束を絞っているため、その光軸方向を容易に曲げることが可能となる。したがって、光軸の曲げを介することで、光軸を大きく傾斜させなくても、露光EBや露光X線等と干渉することなく、アライメントマークの位置を検出し得ようになる。しかも、スリットで光束を絞っているため、アライメント方向については解像度を低下させてしまうことがない。また、光軸を大きく傾斜させずに済むので、例えばLEPLのマスクのように格子状の梁が存在する場合であっても、アライメントマークの書き込み領域が制限されてしまうのを極力抑制できる。これらのことから、本発明によれば、アライメントマークの複雑化等を招くことなく、そのマーク位置を高精度に検出することができ、結果としてアライメントの高精度化を実現することができると言える。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るアライメント装置の第1の実施の形態における概略構成の一例を示す模式図であり、

(a)は光学系部分の概略構成の側面図、(b)はその要部の平面図、(c)はアライメントマークを示す平面図である。

【図2】本発明に係るアライメント装置の第1の実施の形態における概略構成の他の例を示す模式図であり、

(a)は光学系部分の概略構成の側面図、(b)はその

要部の平面図、(c)はアライメントマークを示す平面図である。

【図3】点像強度分布の一具体例を示す説明図であり、(a)はスリットがない円形瞳の場合を示す図、(b)はスリットがある矩形瞳の場合を示す図である。

【図4】エッジの像強度分布の一具体例を示す説明図であり、(a)はスリットがない円形瞳の場合を示す図、(b)はスリットがある矩形瞳の場合を示す図である。

【図5】本発明に係るアライメント装置の第2の実施の形態における概略構成の一例を示す模式図である。

【図6】本発明に係るアライメント装置の第3の実施の形態における要部構成の一例を示す模式図である。

【図7】本発明に係るアライメント装置の第8の実施の形態における概略構成の一例を示す模式図である。

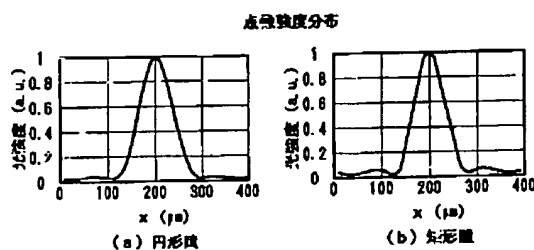
【図8】アライメント（位置合わせ）を行う際のアライメントマークと光学系との配置の一具体例を示す模式図（その1）である。

【図9】アライメント（位置合わせ）を行う際のアライメントマークと光学系との配置の一具体例を示す模式図（その2）である。

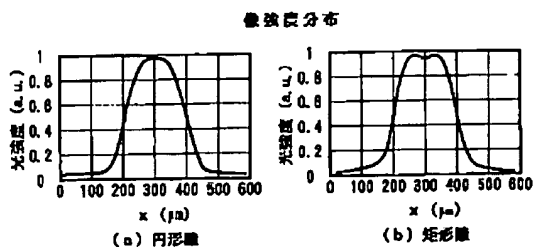
【符号の説明】

1…露光用マスク、2…ウエハ、11…光源、18a…レンズアレイ、18b…振動ステージ、19…シリンドリカルレンズ、21…対物レンズ、24、24a、24b…CCDカメラ、25…ピエゾステージ、31…スリット、32…プリズム、33a、33b…ミラー、34…カルバノミラー、35a、35b…リレーレンズ

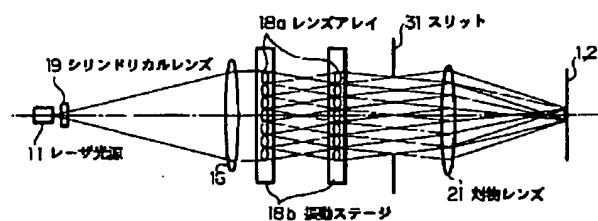
【図3】



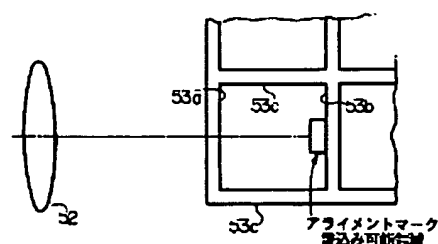
【図4】



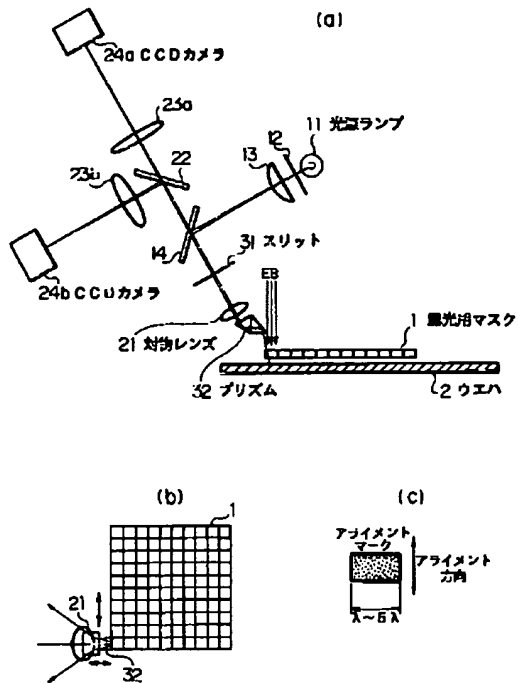
【図6】



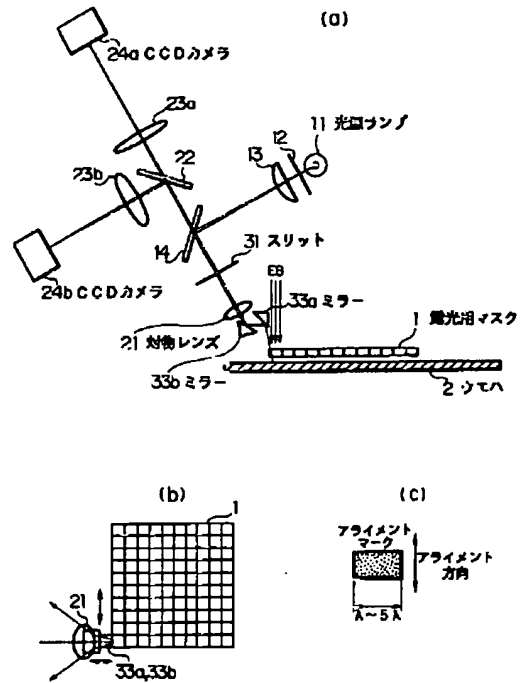
【図9】



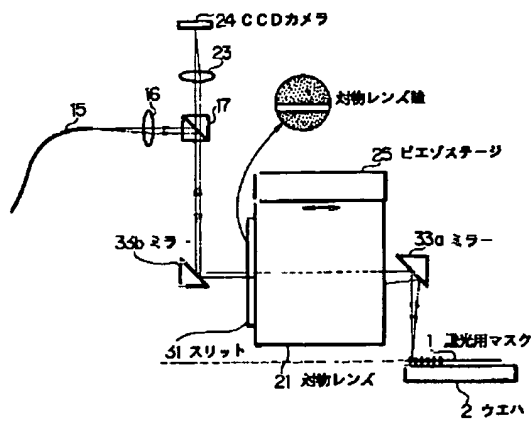
【図1】



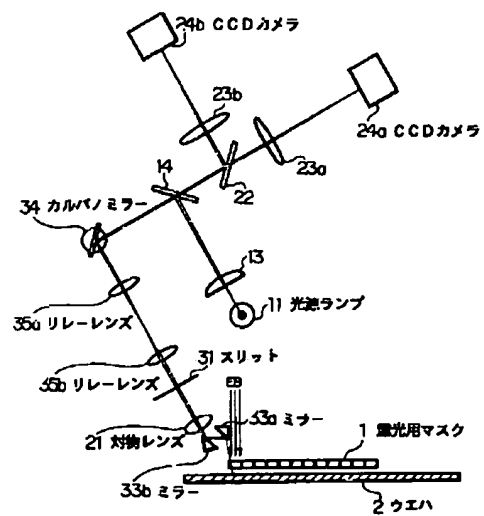
【図2】



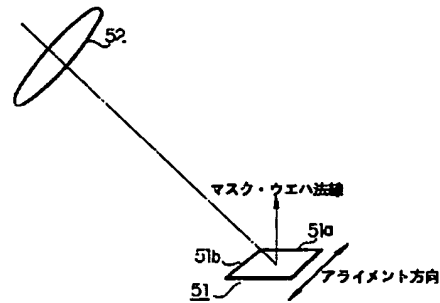
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 小池 薫
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA20 BB02 BB27 CC20 EE00
FF41 GG03 GG04 GG06 GG07
HH05 HH12 HH16 JJ03 JJ05
JJ08 JJ26 LL04 LL05 LL08
LL10 LL12 LL13 LL28 LL30
LL46 LL62 MM26 PP12 PP13
PP24
2H097 CA16 GA01 KA03 KA20 LA10
5F046 CA02 CB07 CB12 CB26 GA02
GA18
5F056 AA25 BD02 FA06

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.